

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-115204

(43)Date of publication of application : 24.04.2001

(51)Int.Cl.

C21B 13/10
// C22B 1/16

(21)Application number : 11-293512

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 15.10.1999

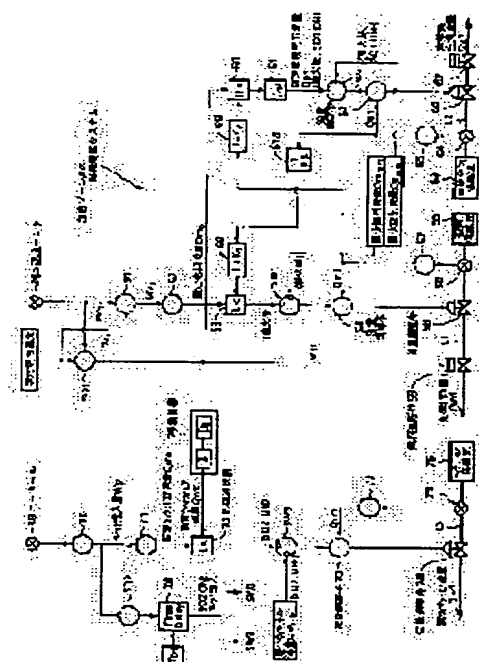
(72)Inventor : ISHIBASHI NAOHIKO
TAUCHI KUNIAKI
FUJIOKA HIRONORI

(54) PRODUCING DEVICE FOR REDUCED IRON AND MEASURING INSTRUMENT FOR TEMPERATURE IN FURNACE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a rate of reduction treatment and a quality of the product by adjusting the supplying amount of air for secondary combustion according to the reduction treating condition in a producing device of reduced iron.

SOLUTION: The charging quantity W_p of pellet is calculated by a computing element 70 based on the weight of green ball GB measured with a load cell 38 at a heating zone A in a reducing furnace 19. A setting wicket air flowing amount Q_{w0} is set according to this pellet charging quantity W_p by a converter 71. Then a flow rate control valve 78 is operated by a flow rate controller 73 based on the set wicket air flow rate Q_{w0} and the actual wicket air flow rate Q_{w1} obtained from the value measured by an orifice flow meter 76 to adjust the actual wicket air flow rate Q_{w1} on a wicket air supplying line L3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-115204

(P2001-115204A)

(43)公開日 平成13年4月24日(2001.4.24)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル(参考)
C 2 1 B 13/10		C 2 1 B 13/10	4 K 0 0 1
// C 2 2 B 1/16	1 0 1	C 2 2 B 1/16	1 0 1 4 K 0 1 2

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平11-293512

(22)出願日 平成11年10月15日(1999.10.15)

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 石橋 直彦

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号

三菱重工業株式会社広島研究所内

(72)発明者 田内 邦明

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号

三菱重工業株式会社広島研究所内

(74)代理人 100078499

弁理士 光石 俊郎 (外2名)

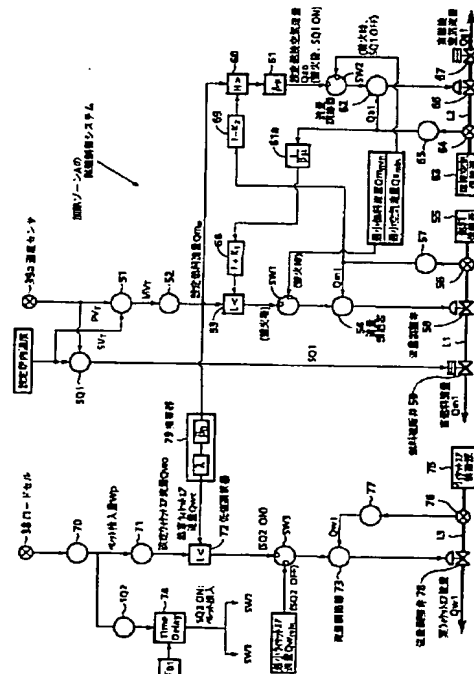
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 還元鉄の製造装置及び炉内温度の測定装置

(57)【要約】

【課題】 還元鉄の製造装置において、還元処理状況に応じて二次燃焼用空気の供給量を調整することで還元処理効率及び製品の品質の向上を図る。

【解決手段】 還元炉19における加熱ゾーンAにて、ロードセル38が計測したグリーンボールGBの重量に基づいて演算器70がペレット投入量 W_p を演算し、変換器71がこのペレット投入量 W_p に応じて設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を設定し、流量調節器73はこの設定ウィケットエア流量 Q_{w0} とオリフィス流量計76の計測値から求めた実ウィケットエア流量 Q_{w1} とに基づいて流量調整弁78を操作し、ウィケットエア供給ラインL3上の実ウィケットエア流量 Q_{w1} を調整する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 装置内の高温雰囲気中を移動する炉床上に鉄原料と還元剤との混合粉末を造粒したペレットを投入し、該ペレットを該高温雰囲気中で還元して還元鉄を製造する還元鉄の製造装置において、所定量の燃料に適量の一次燃焼用空気を混合した燃焼ガスを供給する燃焼ガス供給手段と、設定量の二次燃焼用空気を供給する二次燃焼用空気供給手段と、前記炉床上に供給されるペレットの投入量を検出するペレット投入量検出手段と、該ペレット投入量に応じて前記二次燃焼用空気の設定量を調整する二次燃焼用空気流量調整手段とを具備したことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の還元鉄の製造装置において、前記高温雰囲気の設定温度に応じた燃料流量を設定する燃料流量設定手段と、該燃料流量と前記二次燃焼用空気流量との容量比に応じて該燃料流量を該二次燃焼用空気流量に換算する空気流量換算手段と、前記二次燃焼用空気流量調整手段が調整した二次燃焼用空気流量と該空気流量換算手段が換算した二次燃焼用空気流量とを比較して低値側を二次燃焼用空気流量とする空気流量選択手段とを設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の還元鉄の製造装置において、前記高温雰囲気の実際の温度を検出する温度検出手段と、該実温度が予め設定された上限温度を越えたときに燃料の供給を停止する燃料遮断手段とを設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載の還元鉄の製造装置において、前記高温雰囲気の実際の酸素濃度を検出する酸素濃度検出手段と、該実酸素濃度に基づいて前記二次燃焼用空気流量を補正する二次燃焼用空気流量補正手段とを設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 5】 請求項 1 記載の還元鉄の製造装置において、前記高温雰囲気の実際の一酸化炭素濃度を検出する一酸化炭素濃度検出手段と、前記高温雰囲気の実際の二酸化炭素濃度を検出する二酸化炭素濃度検出手段と、該実一酸化炭素濃度及び該実二酸化炭素濃度に基づいて一酸化炭素濃度比を演算する濃度比演算手段と、該一酸化炭素濃度比に基づいて前記二次燃焼用空気流量を変更する二次燃焼用空気流量変更手段とを設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載の還元鉄の製造装置において、前記炉床上に前記ペレットが投入されてから該炉床の 1 回転を検出する炉床回転検出手段と、該炉床が 1 回転してから前記二次燃焼用空気流量変更手段を作動させる空気流量変更制御手段とを設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 7】 請求項 5 記載の還元鉄の製造装置において、前記変更された二次燃焼用空気流量が前記二次燃焼用空気供給手段による二次燃焼用空気の供給量の上限値を越えたときに不足量を前記一次燃焼用空気流量で補う

空気流量補正手段とを設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 8】 請求項 1 記載の還元鉄の製造装置において、前記ペレット投入量に応じて前記高温雰囲気の設定温度を設定する温度設定手段を設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 9】 請求項 1 記載の還元鉄の製造装置において、最小量の二次燃焼用空気を供給する二次燃焼用空気最小量供給手段と、前記ペレット投入量検出手段が検出したペレット投入量が所定量以下であるときに該二次燃焼用空気最小量供給手段を作動させる二次燃焼用空気供給制御手段とを設けたことを特徴とする還元鉄の製造装置。

【請求項 10】 装置内の高温雰囲気中を移動する炉床上に鉄原料と還元剤との混合粉末を造粒したペレットを投入し、該ペレットを該高温雰囲気中で還元して還元鉄を製造する還元鉄の製造装置において、天井部から前記高温雰囲気に垂設された第 1 の温度検出手段と、前記炉床内に埋設された第 2 の温度検出手段と、前記第 1 及び第 2 の温度検出手段の検出結果に基づいて前記ペレットの温度を推定するペレット温度推定手段とを具備したことを特徴とする炉内温度の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鉄原料と還元剤との混合粉末を造粒したペレットを高温雰囲気中で還元して還元鉄を製造する還元鉄の製造装置、並びにこの還元鉄の製造装置で用いられる炉内温度の測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】還元鉄を製造する場合、まず、鉄鉱石の粉末、石炭の粉末、石灰石の粉末、結合剤を混合し、加湿造粒してグリーンボールと呼ばれるウェットボールを形成する。次に、このグリーンボールをある程度乾燥してから、還元炉内で高温に加熱して石炭により鉄鉱石中の酸化鉄を還元することで、ペレット状の還元鉄を生成することができる。

【0003】この還元炉において、ドーナツ形状に形成された還元炉本体内にリング状をなす炉床が周方向に回転可能に支持され、還元炉本体の所定位置にグリーンボールを炉床上に供給するペレット供給部と、炉床で還元された還元済ペレットを外部に排出するペレット排出部とが設けられている。そして、還元炉内に炉床上に高温雰囲気を形成するための空間部が形成され、この空間部に対して燃料と一次燃焼用空気を混合した燃焼ガスを供給するメインバーナーと、二次燃焼用空気を供給するサブバーナーとが設けられると共に、炉内での燃焼により発生した排気ガスを排出する排気ダクトが設けられている。

【0004】従って、ペレット供給部にて、グリーンボ

ールはペレット供給部から炉床に供給される一方、この炉床は所定速度で回転し、且つ、バーナーにより空間部が加熱されて高温雰囲気となっている。そのため、炉床上のグリーンボールは高温雰囲気を移動中に石炭により鉄鉱石中の酸化鉄が還元され、還元鉄となる。そして、ペレット排出部にて、還元されたグリーンボールは還元済ペレットとしてペレット排出部により炉外へ排出され、容器に詰め込まれる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した還元炉では、炉内を所定温度の高温雰囲気に維持するためにメインバーナーにより炉内に燃焼ガスを供給しているが、この燃焼ガスの燃料流量を抑えると共に燃焼後に残留する可燃性ガスを過不足なく燃焼することで、還元処理効率のアップを図る一方で、処理される還元済ペレットの金属化率を90%以上として製品の品質アップを図ることが望まれている。

【0006】そのため、一般に、還元炉内は、ペレット供給部から排気ダクトまででペレットを加熱させる加熱ゾーンと、排気ダクトの下流側であってCO比を制御して還元処理を進行させるCO比制御ゾーンと、CO比制御ゾーンの下流側からペレット排出部まででは還元処理が完了したペレットの還元状態を維持する還元雰囲気ゾーンとに区画されている。全てのゾーンに対してメインバーナーにより燃焼ガスを供給して加熱することで、高温ガスの輻射熱で石炭により鉄鉱石中の酸化鉄を効率よく還元させ、還元済ペレットの金属化率を向上させている。また、加熱ゾーン及びCO比制御ゾーンにのみサブバーナーにより二次燃焼用空気を供給することで、炉内の可燃性ガスを過不足なく燃焼して燃料流量を抑えるようにしている。

【0007】ところが、この可燃性ガスは炉床上のペレットから発生するものであり、その発生量は各ゾーン、つまり、ペレット還元処理の進行度合に応じて異なる。また、この可燃性ガスの発生量は、炉床上に供給されるペレットの量に応じて異なる。しかし、従来の還元炉では、可燃性ガスを過不足なく燃焼させるための二次燃焼空気の供給量はほぼ一定であり、還元処理効率のアップや製品の品質アップなどに十分に寄与していないのが現状である。

【0008】本発明はこのような問題を解決するものであり、還元処理状況に応じて二次燃焼用空気の供給量を調整することで還元処理効率及び製品の品質の向上を図った還元鉄の製造装置及び炉内温度の測定装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するための請求項1の発明の還元鉄の製造装置は、装置内の高温雰囲気中を移動する炉床上に鉄原料と還元剤との混合粉末を造粒したペレットを投入し、該ペレットを該高温

雰囲気中で還元して還元鉄を製造する還元鉄の製造装置において、所定量の燃料に適量の一次燃焼用空気を混合した燃焼ガスを供給する燃焼ガス供給手段と、設定量の二次燃焼用空気を供給する二次燃焼用空気供給手段と、前記炉床上に供給されるペレットの投入量を検出するペレット投入量検出手段と、該ペレット投入量に応じて前記二次燃焼用空気の設定量を調整する二次燃焼用空気流量調整手段とを具えたことを特徴とするものである。

【0010】また、請求項2の発明の還元鉄の製造装置では、前記高温雰囲気の設定温度に応じた燃料流量を設定する燃料流量設定手段と、該燃料流量と前記二次燃焼用空気流量との容量比に応じて該燃料流量を該二次燃焼用空気流量に換算する空気流量換算手段と、前記二次燃焼用空気流量調整手段が調整した二次燃焼用空気流量と該空気流量換算手段が換算した二次燃焼用空気流量とを比較して低値側を二次燃焼用空気流量とする空気流量選択手段とを設けたことを特徴としている。

【0011】また、請求項3の発明の還元鉄の製造装置では、前記高温雰囲気の実際の温度を検出する温度検出手段と、該実温度が予め設定された上限温度を越えたときに燃料の供給を停止する燃料遮断手段とを設けたことを特徴としている。

【0012】また、請求項4の発明の還元鉄の製造装置では、前記高温雰囲気の実際の酸素濃度を検出する酸素濃度検出手段と、該実酸素濃度に基づいて前記二次燃焼用空気流量を補正する二次燃焼用空気流量補正手段とを設けたことを特徴としている。

【0013】また、請求項5の発明の還元鉄の製造装置では、前記高温雰囲気の実際の一酸化炭素濃度を検出する一酸化炭素濃度検出手段と、前記高温雰囲気の実際の二酸化炭素濃度を検出する二酸化炭素濃度検出手段と、該実一酸化炭素濃度及び該実二酸化炭素濃度に基づいて一酸化炭素濃度比を演算する濃度比演算手段と、該一酸化炭素濃度比に基づいて前記二次燃焼用空気流量を変更する二次燃焼用空気流量変更手段とを設けたことを特徴としている。

【0014】また、請求項6の発明の還元鉄の製造装置では、前記炉床上に前記ペレットが投入されてから該炉床の1回転を検出する炉床回転検出手段と、該炉床が1回転してから前記二次燃焼用空気流量変更手段を作動させる空気流量変更制御手段とを設けたことを特徴としている。

【0015】また、請求項7の発明の還元鉄の製造装置では、前記変更された二次燃焼用空気流量が前記二次燃焼用空気供給手段による二次燃焼用空気の供給量の上限値を越えたときに不足量を前記一次燃焼用空気流量で補う空気流量補足手段とを設けたことを特徴としている。

【0016】また、請求項8の発明の還元鉄の製造装置では、前記ペレット投入量に応じて前記高温雰囲気の温度を設定する温度設定手段を設けたことを特徴としてい

る。

【0017】また、請求項9の発明の還元鉄の製造装置では、最小量の二次燃焼用空気を供給する二次燃焼用空気最小量供給手段と、前記ペレット投入量検出手段が検出したペレット投入量が所定量以下であるときに該二次燃焼用空気最小量供給手段を作動させる二次燃焼用空気供給制御手段とを設けたことを特徴としている。

【0018】また、請求項10の発明の炉内温度の測定装置は、装置内の高温雰囲気中を移動する炉床上に鉄原料と還元剤との混合粉末を造粒したペレットを投入し、該ペレットを該高温雰囲気中で還元して還元鉄を製造する還元鉄の製造装置において、天井部から前記高温雰囲気に垂設された第1の温度検出手段と、前記炉床内に埋設された第2の温度検出手段と、前記第1及び第2の温度検出手段の検出結果に基づいて前記ペレットの温度を推定するペレット温度推定手段とを具えたことを特徴とするものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0020】図1に本発明の第1実施形態に係る還元鉄の製造装置における加熱ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック、図2に炉内温度偏差に対する燃料流量を表すグラフ、図3に実炉内温度に対する燃料遮断弁の開閉操作を表すグラフ、図4にペレット投入量に対するウィケットエア流量を表すグラフ、図5にペレット投入量に対するウィケットエア切換弁の切換操作を表すグラフ、図6に還元鉄の製造装置の全体構成を表す概略、図7に還元炉内の各ゾーンを説明するための平面視概略を示す。

【0021】本実施形態の還元鉄の製造装置による製造工程を簡単に説明する。図6に示すように、まず、ペレットの原材料となる鉄鉱石の粉末（鉄原料）と石炭の粉末（還元剤）と石灰石の粉末とがそれぞれホッパ11, 12, 13から供給され、ホッパ14から供給された結合剤と共にミキサー15で混合される。次に、混合粉末がペレタイザー16にて直径10～20mmのグリーンボール（生ペレット）GBに造粒され、乾燥機17に投入され、後述する還元炉19からの排気ガスにより乾燥される。そして、乾燥したグリーンボールGBはコンベヤ18を介してペレット供給装置31により還元炉19に供給される。一方、この還元炉19内はバーナー（燃焼ガス供給手段）32により加熱されて高温雰囲気に維持され、内部の排気ガスが排気ダクト33から排出されている。そのため、グリーンボールGBは還元炉19内を移動するときに内部で高温に加熱され、石炭により鉄鉱石中の酸化鉄を還元することでペレット状の還元鉄が生成される。そして、還元済ペレットは、ペレット排出装置34により還元炉19内から搬出され、容器20に収容される。

【0022】また、排気ダクト33から排出された排気ガスは水スプレー式の一次冷却器21で冷却されてから熱交換器22に送られ、ここで送風ファン23により送られた空気と熱交換を行ってから、水スプレー式の二次冷却器24で再び冷却される。なお、熱交換器22で加熱された空気は還元炉19に送られ、燃料（天然ガス）と共に炉内に供給される。一方、二次冷却器24で冷却された排気ガスは、ファン25により乾燥機17に送られ、前述したように、グリーンボールGBの乾燥用空気となる。そして、乾燥機17から排出された排気ガスは集塵機26で清浄化され、更に排気ファン27により煙突28に送られ、脱硫されてから大気に放出される。

【0023】ここで、還元炉19について詳細に説明する。図6及び図7に示すように、ドーナツ形状に形成された還元炉本体35内にはリング状をなす炉床36が周方向に回転可能に支持されている。そして、この還元炉19は、炉床36の上方の高温空間部が、ペレット供給装置31から排気ダクト33までの加熱ゾーンAと、排気ダクト33より下流側のCO比制御ゾーンBと、CO比制御ゾーンより下流側からペレット排出装置34までの還元雰囲気ゾーンCとに区画される。

【0024】加熱ゾーンAは2ゾーンに分けられ、ペレット供給装置31と、バーナー32aと、二次燃焼用空気を供給する空気供給部（二次燃焼用空気供給手段）37aとが設けられている。また、ペレット供給装置31には炉床36上へ投入されるグリーンボールGBの投入量を計測するロードセル（ペレット投入量検出手段）38が設けられると共に、加熱ゾーンAの温度を検出する温度センサ（温度検出手段）39aと、酸素濃度を検出するO₂センサ（酸素濃度検出手段）40が設けられている。

【0025】CO比制御ゾーンBは3ゾーンに分けられ、バーナー32bと、二次燃焼用空気を供給する空気供給部37bとが設けられている。また、CO比制御ゾーンBの温度を検出する温度センサ（温度検出手段）39bと、一酸化炭素濃度を検出するCOセンサ（一酸化炭素濃度検出手段）41及び二酸化炭素濃度を検出するCO₂センサ（二酸化炭素濃度検出手段）42が設けられている。そして、COセンサ41及びCO₂センサ42の検出結果から、CO／（CO₂＋CO）によりCO比を求めることができ、このCO比制御ゾーンBでのCO比の適正値は0.2程度であり、還元処理が十分に進行することができるようになっている。

【0026】還元雰囲気ゾーンCは3ゾーンに分けられ、バーナー32cが設けられ、二次燃焼用空気を供給する空気供給部は設けられておらず、加熱ゾーンAやCO比制御ゾーンCに比べてCO比が高く設定され、CO比制御ゾーンBでほぼ還元されたグリーンボールGBの還元度合（金属化率）が維持（あるいは、やや進行）可能となっている。また、還元雰囲気ゾーンCの温度を検出

する温度センサ（温度検出手段）39cが設けられている。なお、還元炉本体35には炉床36の回転速度を検出する速度センサ43が設けられている。

【0027】このように構成された還元炉19の各ゾーンA、B、Cでは、その役割が十分に機能するように、バーナー32a、32b、32cから供給される燃料流量及び一次燃焼用空気流量（以下、燃焼空気流量）、空気供給部37a、37bから供給される二次燃焼用空気流量（以下、ウィケットエア流量）が制御されるようになっている。

【0028】本実施形態では、加熱ゾーンAにおける燃焼制御システムについて説明する。図1に示すように、温度センサ39aは加熱ゾーンAの炉内温度 PV_T を検出し、温度調節器51に出力する。この温度調節器51には、実際の炉内温度 PV_T と共に予め設定された設定炉内温度 SV_T が入力し、実炉内温度 PV_T と設定炉内温度 SV_T との偏差から燃料の供給割合 MV_T を出力する。変換器52は、図2のグラフに基づき、燃料の供給割合 MV_T を設定燃料流量 Q_{mo} に変換するが、この場合、最小閾値 F_H と最大閾値 F_L が設定されており、失火や過熱が抑制されている。

【0029】このように求められた設定燃料流量 Q_{mo} は後述する低値選択器53で処理され、スイッチSW1を介して流量調節器54に入力する。一方、燃料供給源55から還元炉19の加熱ゾーンAに配管された燃料供給ラインL1にはオリフィス流量計56が設けられ、オリフィス流量計56が計測した差圧 ΔP が変換器57で変換されることで、流量調整弁（燃料流量設定手段）58の下流側での実際の燃料流量 Q_{mi} となって流量調節器54に入力する。流量調節器54は、実燃料流量 Q_{mi} が設定燃料流量 Q_{mo} となるように流量調整弁58を操作し、燃料供給ラインL1上の実燃料流量 Q_{mi} を調整する。

【0030】更に、実炉内温度 PV_T と設定炉内温度 SV_T は判定器SQ1に入力されるようになっている。この判定器SQ1は、図3のグラフに基づき、実炉内温度 PV_T が温度上限値 T_H と温度下限値 T_L との領域から外れたときには、燃料遮断弁（燃料遮断手段）59を閉止するものである。実際には、前述したように、実炉内温度 PV_T は設定炉内温度 SV_T に基づいて実燃料流量 Q_{mi} が調整されて制御されるが、制御遅れや各機器の故障等に備えて判定器SQ1及び燃料遮断弁59が設けられている。つまり、実炉内温度 PV_T が上昇して設定炉内温度 SV_T を越え、更に温度上限値 T_H を越えると、SQ1-ONとなって燃料遮断弁59が閉止して燃料の供給が停止する。燃料の供給が停止すると、実炉内温度 PV_T が下降して設定炉内温度 SV_T より下がり、更に温度下限値 T_L より下がると、SQ1-OFFとなって燃料遮断弁59が開放して再び燃料の供給が開始される。なお、温度上限値 T_H は設定炉内温度 SV_T に5

0℃を加えた温度で、温度下限値 T_L は設定炉内温度 SV_T から50℃を引いた温度としたが、この数値は適宜設定すればよいものである。

【0031】また、設定燃料流量 Q_{mo} は後述する高値選択器60で処理され、換算器61で理論空燃比 β （ $=F_{FMAX} \cdot a / F_{ANAX}$ 、 F_{FMAX} ：燃料流量測定範囲の最大値、 F_{ANAX} ：燃料流量測定範囲、 a ：単位燃料当たりの理論空気流量）及び空気過剰率 μ を乗算して設定燃焼空気流量 Q_{ao} に換算されてからスイッチSW2を介して流量調節器62に入力する。一方、燃焼空気供給源63から加熱ゾーンAに配管された燃焼空気供給ラインL2にはオリフィス流量計64が設けられ、オリフィス流量計64が計測した差圧 ΔP が変換器65で変換されることで、流量調整弁66の下流側での実際の燃焼空気流量 Q_{ai} となって流量調節器62に入力する。流量調節器62は、実燃焼空気流量 Q_{ai} が設定燃焼空気流量 Q_{ao} となるように流量調整弁66を操作し、燃焼空気供給ラインL2上の実燃焼空気流量 Q_{ai} を調整する。なお、67は、還元炉19の不使用时や非常時などのときに使用される燃焼空気遮断弁である。

【0032】ところで、燃焼は、燃料量と空気量の比率（空燃比または空気過剰率）によって大きく変化し、この空気過剰率が小さくなると燃焼に必要な空気量が不足し、不完全燃焼による熱損失や黒煙発生が増大する。従って、上述した燃料及び燃焼空気の流量調整制御では、熱損失や黒煙発生が最小となる最適燃焼ゾーンで燃焼が実行されるようにシングルクロスリミット燃焼制御を適用している。即ち、低値選択器53では、設定燃料流量 Q_{mo} と、実燃焼空気流量 Q_{ai} を換算器61aで理論空燃比 β 及び空気過剰率 μ で除算し、更に、演算器68で $1+K_1$ （ K_1 ：負荷上昇時の発煙限界の設定）を乗算した上限値 Q_{mH} とを比較して低値を選択する。また、高値選択器60では、設定燃料流量 Q_{mo} と、演算器69で実燃料流量 Q_{mi} に $1-K_2$ （ K_2 ：負荷減少時の発煙限界の設定）を乗算した下限値 Q_{mL} とを比較して高値を選択する。なお、空気過剰率が大きくなると燃焼に必要な空気量以外の余分に加熱されるために熱損失やNOx発生が増大するため、熱効率が最大となる最適燃焼ゾーンを有するダブルクロスリミット燃焼制御を適用してもよい。

【0033】なお、還元炉19の加熱ゾーンAでは、着火時と着火後とは最低必要な燃料流量及び燃焼空気流量が異なり、設定燃料流量 Q_{mo} 及び設定燃焼空気流量 Q_{ao} を変更している。即ち、最小燃料流量 Q_{main} 及び最小燃焼空気流量 Q_{aain} が設定されており、着火時と着火後とを検出し、スイッチSW1にて設定燃料流量 Q_{mo} と最小燃料流量 Q_{main} とを切り換えると共に、スイッチSW2にて設定燃焼空気流量 Q_{ao} と最小燃焼空気流量 Q_{aain} とを切り換えている。

【0034】ロードセル38はペレット供給装置31か

ら炉床36上に投入するための図示しないベルトコンベヤでのグリーンボールGBの重量を計測し、演算器70はこのグリーンボールGBの重量を時間当たりの投入量 W_p (ton/h)に換算する。変換器71は、図3のグラフに基づき、ペレット投入量 W_p を設定ウィケットエア流量 Q_{w0} に変換するが、この場合、最小ウィケットエア流量 Q_{wmin} が設定されており、失火や炉内温度の下降による炉の損傷が抑制され、還元炉19が保護されるようになっている。そして、設定ウィケットエア流量 Q_{w0} は後述する低値選択器72で処理され、スイッチSW3を介して流量調節器73に入力する。

【0035】また、ペレット投入量 W_p は判定器SQ2に入力されるようになっている。この判定器SQ2は、図5のグラフに基づき、ペレット投入量 W_p が最小ペレット投入量 W_{pmin} 以上になると、SQ2-ONとなってスイッチSW3を操作するものである。つまり、ペレット投入量 W_p が最小ペレット投入量 W_{pmin} より少ないと、SQ2-OFFであるためにペレット供給装置31から炉床36上にグリーンボールGBは投入されていないと判定し、スイッチSW3を操作して最小ウィケットエア流量 Q_{wmin} (二次燃焼用空気最小量供給手段、二次燃焼用空気供給制御手段)とする。一方、ペレット投入量 W_p が最小ペレット投入量 W_{pmin} 以上になると、SQ2-ONとなって炉床36上にグリーンボールGBが投入されたと判定し、タイマ74により所定時間 T_{D1} を待ち、スイッチSW3を操作して設定ウィケットエア流量 Q_{w0} とする。なお、判定器SQ2にて、SQ2-ONとなって還元炉19にグリーンボールGBが投入されたと判定されると、スイッチSW2も操作されて設定燃焼空気流量 Q_{a0} に設定される。

【0036】一方、ウィケットエア供給源75から還元炉19の加熱ゾーンAに配管されたウィケットエア供給ラインL3にはオリフィス流量計76が設けられ、オリフィス流量計76が計測した差圧 ΔP が変換器77で変換されることで、流量調整弁(二次燃焼用空気流量調整手段)78の下流側での実際のウィケットエア流量 Q_{w1} となって流量調節器74に入力する。流量調節器74は、実ウィケットエア流量 Q_{w1} が設定ウィケットエア流量 Q_{w0} となるように流量調整弁78を操作し、ウィケットエア供給ラインL3上の実ウィケットエア流量 Q_{w1} を調整する。

【0037】ところで、還元炉16内にあるペレット(グリーンボールGB)から発生する揮発成分の量がペレット量に比例することから、ウィケットエア流量はペレット(グリーンボールGB)投入量に比例することとなり、上述したようにウィケットエアの流量調整制御では、ペレット投入量 W_p に基づいて設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を設定している。しかし、還元炉19内の完全燃焼時にペレット投入量に変動等が発生した場合、炉内が加熱過剰状態となる虞があるため、燃料流量調整

制御にて、SQ1-ONで燃料遮断弁59が閉止して燃料の供給が停止しても、最小ペレット投入量 W_{pmin} より多いウィケットエアを供給するようにしている。即ち、実炉内温度 P_{Vr} と設定炉内温度 S_{Vr} とに基づいて設定された設定燃料流量 Q_{m0} に、換算器79にて、理論空燃比 β_0 を乗算して空気量に換算すると共に、燃焼空気流量とウィケットエア流量との容量比に応じて設定された空気流量換算係数 λ を乗算(空気流量換算手段)して換算ウィケットエア流量 Q_{wc} を演算する。そして、低値選択器(空気流量選択手段)72は設定ウィケットエア流量 Q_{w0} と換算ウィケットエア流量 Q_{wc} とを比較して低値を選択することとなる。

【0038】このように本実施形態の還元鉄の製造装置の還元炉19における加熱ゾーンAでは、ロードセル38が計測したグリーンボールGBの重量に基づいて演算器70がペレット投入量 W_p を演算し、変換器71がこのペレット投入量 W_p に応じて設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を設定し、流量調節器73はこの設定ウィケットエア流量 Q_{w0} とオリフィス流量計76の計測値から求めた実ウィケットエア流量 Q_{w1} とに基づいて流量調整弁78を操作し、ウィケットエア供給ラインL3上の実ウィケットエア流量 Q_{w1} を調整している。

【0039】従って、還元炉19における加熱ゾーンAに供給されるウィケットエア流量は、炉床36上に投入されるグリーンボールGBの投入量に基づいて決定され、且つ、この投入量に応じて調整されることとなる。そのため、炉床36上のグリーンボールGBから発生する可燃性ガス量に対して適量のウィケットエアが供給され、この可燃性ガスを過不足なく燃焼させることで、還元処理効率のアップや製品の品質アップが図れる。

【0040】また、判定器SQ1は、実炉内温度 P_{Vr} が設定炉内温度 S_{Vr} に基づいて設定された温度上限値 T_H より高くなったときには燃料遮断弁59を閉止して燃料の供給を停止し、実炉内温度 P_{Vr} が設定炉内温度 S_{Vr} に基づいて設定された温度下限値 T_L より低くなったときには燃料遮断弁59を開放して燃料の供給を開始するようにしている。

【0041】従って、還元炉19内の加熱過剰を抑制してを保護することができる。

【0042】更に、換算器79は、実炉内温度 P_{Vr} と設定炉内温度 S_{Vr} とに基づいて設定された設定燃料流量 Q_{m0} に、理論空燃比 β_0 を乗算して空気量に換算すると共に、燃焼空気流量とウィケットエア流量との容量比に応じて設定された空気流量換算係数 λ を乗算(空気流量換算手段)して換算ウィケットエア流量 Q_{wc} を算出し、低値選択器72が設定ウィケットエア流量 Q_{w0} と換算ウィケットエア流量 Q_{wc} とを比較して低値を選択して流量調節器73に出力するようにしている。

【0043】従って、還元炉19内で完全燃焼しているときにペレット投入量に変動等が発生すると、炉内が加

熱過剰状態となる虞があるため、 $SQ1-ON$ で燃料遮断弁59を閉止することで燃料の供給が停止して炉内温度を低下させると共に、炉内温度のパラメータから求めた換算ウィケットエア流量 Q_{wc} を供給することとなり、炉内の加熱過剰を抑制して還元炉19を保護することができる。

【0044】図8に本発明の第2実施形態に係る還元鉄の製造装置における加熱ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック、図9に酸素濃度偏差に対するウィケットエア流量の補正係数を表すグラフを示す。なお、以降に説明する各実施形態では、前述した第1実施形態で説明したものと同様の機能を有する部材には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

【0045】本実施形態は、加熱ゾーンAにおける燃焼制御システムに関するものであり、第1実施形態の改良案であって、設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を加熱ゾーンAにおける酸素濃度に基づいて補正するようにしたものであり、燃料制御及び燃焼空気制御は前述の実施形態と同様である。

【0046】本実施形態の加熱ゾーンAにおける燃焼制御システムにおいて、図8に示すように、ロードセル38はペレット供給装置31から炉床36上に投入されたグリーンボールGBの重量を計測し、演算器70はこれを時間当たりの投入量 W_p (ton/h) に換算し、変換器71は、図3のグラフに基づいて設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を求める。一方、 O_2 センサ40は加熱ゾーンAの酸素濃度を検出し、換算器81がこの検出値を実際の酸素濃度 P_{Vb} に換算し、酸素濃度調節器82に出力する。この酸素濃度調節器82には、実際の酸素濃度 P_{Vb} と共に予め設定された設定酸素濃度 S_{Vb} が入力し、実酸素濃度 P_{Vb} と設定酸素濃度 S_{Vb} との偏差から酸素濃度の割合 M_{Vb} を出力する。変換器83は、図9のグラフに基づき、酸素濃度の割合 M_{Vb} を設定ウィケットエア流量 Q_{w0} の補正係数 γ に変換するが、この場合、酸素濃度の割合 $M_{Vb} = 50\%$ が補正係数 $\gamma = 1.0$ と設定されており、且つ、最小補正係数 γ_{min} が設定されている。スイッチSW3は変換器（二次燃焼用空気流量補正手段）84に出力する補正係数 γ を変換器83の出力値と1.0とを後述する判定器SQ2、SQ3の判定結果により切り換えるものであり、変換器84は設定ウィケットエア流量 Q_{w0} に補正係数 γ を乗算してこれを補正し、低値選択器72に出力する。

【0047】一方、ペレット投入量 W_p は判定器SQ2に出力され、図5のグラフに基づいて $SQ2-OFF$ によりグリーンボールGBの未投入と、 $SQ2-ON$ によりグリーンボールGBの投入が判定され、タイマ74により所定時間 T_{D1} を待ってスイッチSW2、SW3を操作する。また、速度センサ43は還元炉19内の炉床36の回転速度を検出しており、換算器85がこの検出値を炉床36の1回転の所要時間 T_{D2} に変換する。タイマ86

は1回転の所要時間 T_{D2} を計時し、判定器SQ3は所要時間 T_{D2} が経過したらグリーンボールGBが投入されてから炉床36が1回転したと判定し、スイッチSW4を操作する。即ち、前述したスイッチSW4にて、 $SQ2-OFF$ （グリーンボールGBの未投入）または $SQ3-OFF$ （炉床36の未1回転）のときは、補正係数 $\gamma = 1.0$ を変換器84に出力し、 $SQ2-ON$ （グリーンボールGBの投入後）で且つ $SQ3-ON$ （炉床36の1回転後）のときは、実酸素濃度 P_{Vb} 及び設定酸素濃度 S_{Vb} から求めた補正係数 γ を変換器84に出力する。

【0048】このように本実施形態の還元鉄の製造装置の還元炉19における加熱ゾーンAでは、ペレット投入量 W_p に応じて設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を設定する一方、実酸素濃度 P_{Vb} 及び設定酸素濃度 S_{Vb} から求めた補正係数 γ によりこの設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を補正し、流量調節器73はこの補正された設定ウィケットエア流量 Q_{w0} とオリフィス流量計76の計測値から求めた実ウィケットエア流量 Q_{wi} とに基づいて流量調整弁78を操作し、ウィケットエア供給ラインL3上の実ウィケットエア流量 Q_{wi} を調整している。

【0049】従って、還元炉19の加熱ゾーンAに供給されるウィケットエア流量が、炉床36上に投入されるグリーンボールGBの投入量に基づいて設定されると共に、実酸素濃度 P_{Vb} 及び設定酸素濃度 S_{Vb} に基づいて補正されることとなり、炉床36上のグリーンボールGBから発生する可燃性ガス量に対して、必要量のウィケットエアを供給し、可燃性ガスを過不足なく燃焼させることができる。

【0050】図10に本発明の第3実施形態に係る還元鉄の製造装置におけるCO比制御ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック、図11に不足ウィケットエア流量に対する補充燃焼空気流量を表すグラフを示す。

【0051】本実施形態では、CO比制御ゾーンBにおける燃焼制御システムについて説明する。図10に示すように、温度センサ39bはCO比制御ゾーンBの炉内温度 P_{Vr} を検出し、温度調節器151は実炉内温度 P_{Vr} と設定炉内温度 S_{Vr} との偏差から燃料の供給割合 M_{Vr} を出力する。変換器152は、図2と同様のグラフに基づいて燃料の供給割合 M_{Vr} を設定燃料流量 Q_{m0} に変換する。

【0052】そして、低値選択器153は、設定燃料流量 Q_{m0} と、実燃焼空気流量 Q_{a1} が換算器161a及び演算器168で処理された上限値 Q_{m1} とを比較して低値を選択し、スイッチSW11を介して流量調節器154に入力する。一方、オリフィス流量計156は燃料供給源55から還元炉19のCO比制御ゾーンBに配管された燃料供給ラインL11の差圧 ΔP を計測し、変換器157で変換することで流量調整弁158の下流側での実際の燃料流量 Q_{m1} として流量調節器154に入力する。流量調節器154は、実燃料流量 Q_{m1} が設定燃

料流量 Q_{m0} となるように流量調整弁158を操作し、燃料供給ラインL11上の実燃料流量 Q_{m1} を調整する。なお、159は、還元炉19の不使用时や非常時などのときに使用される燃料遮断弁である。

【0053】また、高値選択器160は、設定燃料流量 Q_{m0} と、実燃料流量 Q_{m1} が演算器169で処理された下限値 Q_{m1} とを比較して高値を選択し、換算器161で理論空燃比 β 及び空気過剰率 μ を乗算して設定燃焼空気流量 Q_{a0} に換算し、スイッチSW12を介して流量調節器162に入力する。一方、オリフィス流量計164は燃焼空気供給源63からCO比制御ゾーンBに配管された燃焼空気供給ラインL12の差圧 ΔP を計測し、変換器165で変換することで、流量調整弁166の下流側での実際の燃焼空気流量 Q_{a1} として流量調節器162に入力する。流量調節器162は、実燃焼空気流量 Q_{a1} が設定燃焼空気流量 Q_{a0} となるように流量調整弁166を操作し、燃焼空気供給ラインL12上の実燃焼空気流量 Q_{a1} を調整する。なお、167は、還元炉19の不使用时や非常時などのときに使用される燃焼空気遮断弁である。

【0054】なお、CO比制御ゾーンBでは、着火時における最小燃料流量 Q_{min} 及び最小燃焼空気流量 Q_{amin} が設定されており、スイッチSW11にて設定燃料流量 Q_{m0} と最小燃料流量 Q_{min} とを切り換え、スイッチSW12にて設定燃焼空気流量 Q_{a0} と最小燃焼空気流量 Q_{amin} とを切り換えている。

【0055】ロードセル38はペレット供給装置31から炉床36上に投入されたグリーンボールGBの重量を計測し、演算器70はこれを時間当たりの投入量 W_p (ton/h)に換算し、変換器171は、図3と同様のグラフに基づいて設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を求め、スイッチSW3を介して流量調節器173に入力する。また、ペレット投入量 W_p は判定器SQ2に出力され、図5のグラフに基づいてSQ2-OFFによりグリーンボールGBの投入が判定され、タイマ74により所定時間 T_{D1} を待ってスイッチSW13を操作する。更に、速度センサ43が検出した炉床36の回転速度に基づいて換算器85が炉床36の1回転の所要時間 T_{D2} を換算し、タイマ86は1回転の所要時間 T_{D2} を計時し、判定器SQ3は所要時間 T_{D2} が経過したらグリーンボールGBが投入されてから炉床36が1回転したと判定し、スイッチSW13を操作する。

【0056】一方、COセンサ41はCO比制御ゾーンBのCO濃度を、CO₂センサ42はCO比制御ゾーンBのCO₂濃度を検出し、換算器101がこの検出値を実際のCO濃度 Y_{CO} 、CO₂濃度 Y_{CO2} に換算し、演算器(濃度比演算手段)102がCO比 α を演算($CO/(CO_2 + CO)$)により求める。CO比調節器103は実際のCO比 α と予め設定されたCO比 α_0 との偏差

を求め、変換器104は各CO比 α 、 α_0 の偏差を変更ウィケットエア流量 Q_{wc} に変換し、低値選択器105が変更ウィケットエア流量 Q_{wc} と最大ウィケットエア流量 Q_{wmax} とを比較して低値を選択し、スイッチSW13(二次燃焼用空気流量変更手段、空気流量変更制御手段)に出力する。

【0057】このようにスイッチSW13には、最小ウィケットエア流量 Q_{wmin} と、設定ウィケットエア流量 Q_{w0} と、変更ウィケットエア流量 Q_{wc} とが入力され、SQ2-OFF(グリーンボールGBの未投入)のときは、最小ウィケットエア流量 Q_{wmin} が流量調節器173に入力し、SQ2-ON(グリーンボールGBの投入後)で且つSQ3-OFF(炉床36の未1回転)のときは、設定ウィケットエア流量 Q_{w0} が流量調節器173に入力し、SQ2-ON(グリーンボールGBの投入)で且つSQ3-ON(炉床36の1回転後)のときは、変更ウィケットエア流量 Q_{wc} が流量調節器173に入力されるように切り換えられる。

【0058】ところで、CO比に基づいて設定された変更ウィケットエア流量 Q_{wc} が最大ウィケットエア流量 Q_{wmax} を越えてしまった場合、ウィケットエア流量制御ではCO比制御ゾーンBに十分なウィケットエアを供給できないため、不足量を燃焼空気制御で補充するようにしている。即ち、比較器106では変更ウィケットエア流量 Q_{wc} から最大ウィケットエア流量 Q_{wmax} を減算し、高値選択器107はこの差が0より大きければ補充ウィケットエア流量 Q_{cc} とし、燃焼空気制御における加算器(空気流量補足手段)108で設定燃焼空気流量 Q_{a0} にこの補充ウィケットエア流量 Q_{cc} を加算して設定燃焼空気流量とする。

【0059】そして、オリフィス流量計176はウィケットエア供給源75からCO比制御ゾーンBに配管されたに配管されたウィケットエア供給ラインL13の差圧 ΔP を計測し、変換器177で変換することで、流量調整弁178の下流側での実際のウィケットエア流量 Q_{w1} として流量調節器174に入力する。流量調節器174は、実ウィケットエア流量 Q_{w1} が設定ウィケットエア流量 Q_{w0} となるように流量調整弁178を操作し、ウィケットエア供給ラインL13上の実ウィケットエア流量 Q_{w1} を調整する。

【0060】このように本実施形態の還元鉄の製造装置の還元炉19におけるCO比制御ゾーンBでは、グリーンボールGBの投入後から炉床36が1回転するまでは、ペレット投入量 W_p に応じて設定された設定ウィケットエア流量 Q_{w0} を適用し、グリーンボールGBの投入後に炉床36が1回転してからは、CO濃度 Y_{CO} 及びCO₂濃度 Y_{CO2} から求めた実CO比 α と設定CO比 α_0 との偏差から算出した変更ウィケットエア流量 Q_{wc} を適用し、流量調節器173がこの設定ウィケットエア流量 Q_{w0} あるいは変更ウィケットエア流量 Q_{wc} に基づいて

流量調整弁 178 を操作し、ウィケットエア供給ライン L3 上の実ウィケットエア流量 Q_{w1} を調整する一方、変更ウィケットエア流量 Q_{wc} が最大ウィケットエア流量 Q_{wmax} を越えてしまったときには、その不足量を燃焼空気制御で補充している。

【0061】従って、グリーンボールGBの投入後に炉床 36 が 1 回転してからは、CO比に基づく変更ウィケットエア流量 Q_{wc} が、炉床 36 上のグリーンボールGBに対して供給されることとなり、CO比制御ゾーンBの実CO比 α を適正に制御することで、還元処理されるグリーンボールGBの金属化率を 90% 以上として製品の品質を向上できる。また、ウィケットエア不足流量を燃焼空気制御で補充することで、適正なウィケットエア流量を確保することができる。

【0062】図 12 に本発明の第 4 実施形態に係る還元鉄の製造装置における CO 比制御ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック、図 13 にペレット投入量に対する設定炉内温度を表すグラフを示す。

【0063】本実施形態は、CO比制御ゾーンにおける燃焼制御システムに関するものであり、第 3 実施形態の改良案であって、設定炉内温度 S_{Vr} をペレット投入量 W_p に基づいて設定するようにしたものであり、その他の制御は前述の実施形態と同様である。

【0064】本実施形態の CO 比制御ゾーンBにおける燃焼制御システムにおいて、図 12 に示すように、温度センサ 39b は CO 比制御ゾーンBの炉内温度 P_{Vr} を検出する一方、変換器 111 はペレット投入量 W_p に応じて、図 13 のグラフに基づき、設定炉内温度 S_{Vr} を算出するが、この場合、最大設定炉内温度 S_{Vrmax} と最小設定炉内温度 S_{Vrmin} とが設定され、炉内の加熱過剰や失火や炉内温度の下降による炉の損傷を抑制している。そして、温度調節器 151 は実炉内温度 P_{Vr} と設定炉内温度 S_{Vr} との偏差から燃料の供給割合 M_{Vr} を出力し、変換器 152 はこの燃料の供給割合 M_{Vr} を設定燃料流量 Q_{mo} に変換する。

【0065】このように本実施形態の還元鉄の製造装置の還元炉 19 における CO 比制御ゾーンBでは、ペレット投入量 W_p に応じて設定炉内温度 S_{Vr} を設定しており、ペレット投入量 W_p に変動があっても、炉内を適温に維持して還元処理するグリーンボールGBの金属化率を適正に維持できる。

【0066】なお、上述の各実施形態では、本発明の還元鉄の製造装置における加熱ゾーンA及びCO比制御ゾーンBの燃焼制御システムについて説明しており、以下に、還元雰囲気ゾーンCの燃焼制御システムについて簡単に説明する。図 14 に本発明の還元鉄の製造装置における還元雰囲気ゾーンCの燃焼制御システムの制御ブロックを示す。

【0067】還元鉄の製造装置における還元雰囲気ゾーンCの燃焼制御システムにおいて、図 14 に示すよう

に、温度センサ 39c は還元雰囲気ゾーンCの炉内温度 P_{Vr} を検出し、温度調節器 251 は実炉内温度 P_{Vr} と設定炉内温度 S_{Vr} との偏差から燃料の供給割合 M_{Vr} を出力し、変換器 252 は燃料の供給割合 M_{Vr} を設定燃料流量 Q_{mo} に変換する。

【0068】そして、ここでは、第 1 実施形態で説明したダブルクロスリミット燃焼制御を適用している。即ち、高値選択器 253a は、設定燃料流量 Q_{mo} と、実燃焼空気流量 Q_{a1} が換算器 261a 及び演算器 268a $(1 - K_1)$ で処理された下限値 Q_{ml} とを比較して高値を選択し、低値選択器 253b は、設定燃料流量 Q_{mo} と、実燃焼空気流量 Q_{a1} が換算器 261a 及び演算器 268b $(1 + K_1)$ で処理された上限値 Q_{mh} とを比較して低値を選択し、スイッチ SW21 を介して流量調節器 254 に入力する。オリフィス流量計 256 は燃料供給源 55 から還元炉 19 の還元雰囲気ゾーンCに配管された燃料供給ライン L21 の差圧 ΔP を計測し、変換器 257 で変換することで流量調整弁 258 の下流側での実際の燃料流量 Q_{m1} として流量調節器 254 に入力する。流量調節器 254 は、実燃料流量 Q_{m1} が設定燃料流量 Q_{mo} となるように流量調整弁 158 を操作し、燃料供給ライン L21 上の実燃料流量 Q_{m1} を調整する。なお、259 は、還元炉 19 の不使用時や非常時などのときに使用される燃料遮断弁である。

【0069】また、低値選択器 260a は、設定燃料流量 Q_{mo} と、実燃料流量 Q_{m1} が演算器 269 $(1 + K_2)$ で処理された上限値 Q_{mh} とを比較して高値を選択し、高値選択器 260b は、設定燃料流量 Q_{mo} と、実燃料流量 Q_{m1} が演算器 269b $(1 - K_2)$ で処理された下限値 Q_{ml} とを比較して高値を選択し、換算器 261 で理論空燃比 β 及び空気過剰率 μ を乗算して設定燃焼空気流量 Q_{a0} に換算し、スイッチ SW22 を介して流量調節器 262 に入力する。オリフィス流量計 264 は燃焼空気供給源 63 から還元雰囲気ゾーンCに配管された燃焼空気供給ライン L22 の差圧 ΔP を計測し、変換器 265 で変換することで、流量調整弁 266 の下流側での実際の燃焼空気流量 Q_{a1} として流量調節器 262 に入力する。流量調節器 262 は、実燃焼空気流量 Q_{a1} が設定燃焼空気流量 Q_{a0} となるように流量調整弁 266 を操作し、燃焼空気供給ライン L22 上の実燃焼空気流量 Q_{a1} を調整する。なお、267 は、還元炉 19 の不使用時や非常時などのときに使用される燃焼空気遮断弁である。

【0070】なお、還元雰囲気ゾーンCでは、着火時における最小燃料流量 Q_{min} 及び最小燃焼空気流量 Q_{amin} が設定されており、スイッチ SW21 にて設定燃料流量 Q_{mo} と最小燃料流量 Q_{min} とを切り換え、スイッチ SW22 にて設定燃焼空気流量 Q_{a0} と最小燃焼空気流量 Q_{amin} とを切り換えている。

【0071】図 15 に本発明の第 5 実施形態に係る炉内

温度の測定装置を表す還元炉の要部断面を示す。

【0072】本実施形態では、本発明の炉内温度の測定装置を加熱ゾーンAに適用した場合について説明する。図15に示すように、還元炉本体35の天井部121には第1熱電対（第1の温度検出手段）122が炉床36上の高温雰囲気中に垂設されており、検出結果が温度比較補正器（ペレット温度推定手段）123に出力されるようになっている。一方、還元炉本体35の下部に敷設されたレール124上を車輪125により移動可能な炉床36下面から表面に向けて挿入孔126が形成され、この挿入孔126には第2熱電対（第2の温度検出手段）127が埋設されている。

【0073】また、炉床36の下面には固定治具128が固定され、この固定治具128上にアンプ129、バッテリー130、アンテナ131が搭載されて相互に接続されている。そして、第2熱電対127とアンプ129とが接続され、アンテナ131が外部のアンテナ132と電波で交信可能であり、このアンテナ132はアンプ133と接続され、更に、温度比較補正器123に接続されている。つまり、第2熱電対127の検出結果がアンプ129、アンテナ131、132、アンプ133を介して温度比較補正器123に出力されるようになっている。そして、この温度比較補正器123は第1及び第2熱電対122、127の検出結果に基づいて炉床36上のグリーンボールGBの温度を推定する。

【0074】従って、第1熱電対122が高温雰囲気中の温度を測定し、第2熱電対127が炉床36内の温度を測定し、温度比較補正器123が各測定結果からグリーンボールGBの温度を推定し、これを炉内温度 PV_T として温度調節器51に出力する。この温度調節器51は実炉内温度 PV_T と設定炉内温度 SV_T との偏差を燃焼制御装置134に出力し、この燃焼制御装置134は、前述した第1実施形態と同様に、設定燃料流量 Q_{mo} 及び設定燃焼空気流量 Q_{ao} を算出する。そして、流量調節器54が流量調整弁58を操作し、燃料供給ラインL1上の実燃料流量 Q_{mi} を調整する一方、流量調節器62が流量調整弁66を操作し、燃焼空気供給ラインL2上の実燃焼空気流量 Q_{ai} を調整する。

【0075】このように本実施形態の加熱ゾーンAにおける炉内温度の測定装置では、第1熱電対122が測定した高温雰囲気中の温度と、第2熱電対127が測定した炉床36内の温度とに基づいて、温度比較補正器123がグリーンボールGBの温度を推定してこれを炉内温度 PV_T としている。

【0076】従って、高温雰囲気中の温度に対して、炉床36上のグリーンボールGBに近接した位置の炉床36内の温度を用いて補正し、グリーンボールGBの温度を精度良く推定することができ、燃焼制御装置134による設定燃料流量 Q_{mo} 及び設定燃焼空気流量 Q_{ao} を適正に設定することで、グリーンボールGBの加熱不足や過加熱

を防止して炉床36に溶着しない適正な金属化率を有するペレットを製造できる。

【0077】なお、上述の実施形態では、炉内温度の測定装置を加熱ゾーンAに適用して説明したが、熱電対122、127は炉床36の複数個所に設けられているものであり、実際には各ゾーンA、B、C全体の温度を測定して制御している。

【0078】

【発明の効果】以上、実施形態において詳細に説明したように請求項1の発明の還元鉄の製造装置によれば、ペレットを還元鉄に還元するための高温雰囲気中に対して、燃焼ガス供給手段により所定量の燃料に適量の一次燃焼用空気を混合した燃焼ガスを供給可能とすると共に、二次燃焼用空気供給手段により設定量の二次燃焼用空気を供給可能とし、二次燃焼用空気流量調整手段により炉床上に供給されるペレットの投入量に応じて二次燃焼用空気の設定量を調整するようにしたので、装置内のペレットから発生する可燃性ガス量に対して適量の二次燃焼用空気が供給され、この可燃性ガスを過不足なく燃焼させることで、還元処理効率や製品の品質を向上することができる。

【0079】また、請求項2の発明の還元鉄の製造装置によれば、燃料流量設定手段が高温雰囲気の設定温度に応じた燃料流量を設定し、空気流量換算手段がその燃料流量と二次燃焼用空気流量との容量比に応じて燃料流量を二次燃焼用空気流量に換算し、空気流量選択手段が二次燃焼用空気流量調整手段が調整した二次燃焼用空気流量と空気流量換算手段が換算した二次燃焼用空気流量とを比較して低値側を二次燃焼用空気流量とするようにしたので、ペレットの投入量に応じた二次燃焼用空気流量と燃料流量の換算量との低値側を二次燃焼用空気流量とすることで、高温雰囲気中で完全燃焼しているときにペレット処理量に変動等が発生しても、炉内が加熱過剰状態とはならず、装置を保護することができる。

【0080】また、請求項3の発明の還元鉄の製造装置によれば、温度検出手段が高温雰囲気の実際の温度を検出し、燃料遮断手段は実温度が予め設定された上限温度を越えたときに燃料の供給を停止するようにしたので、炉内の加熱過剰を抑制して装置を保護することができる。

【0081】また、請求項4の発明の還元鉄の製造装置によれば、酸素濃度検出手段が高温雰囲気の実際の酸素濃度を検出し、二次燃焼用空気流量補正手段が実酸素濃度に基づいて二次燃焼用空気流量を補正するようにしたので、高温雰囲気中のペレットから発生する可燃性ガス量に対して必要量の二次燃焼用空気を供給することで、可燃性ガスを過不足なく燃焼させることができる。

【0082】また、請求項5の発明の還元鉄の製造装置によれば、一酸化炭素濃度検出手段が高温雰囲気の実際の一酸化炭素濃度を検出すると共に、二酸化炭素濃度検

出手段が高温雰囲気の実際の二酸化炭素濃度を検出し、濃度比演算手段が実一酸化炭素濃度及び実二酸化炭素濃度に基づいて一酸化炭素濃度比を演算し、二次燃焼用空気流量変更手段が一酸化炭素濃度比に基づいて二次燃焼用空気流量を変更するようにしたので、高温雰囲気中のペレットに対して一酸化炭素濃度比に基づく二次燃焼用空気流量が供給されることとなり、一酸化炭素濃度比を適正に制御することで、還元処理されるペレットの金属化率を上げて製品の品質を向上することができる。

【0083】また、請求項6の発明の還元鉄の製造装置によれば、炉床回転検出手段が炉床上にペレットが投入されてから炉床の1回転を検出し、空気流量変更制御手段が炉床の1回転後に二次燃焼用空気流量変更手段を作動させるようにしたので、ペレット投入後における炉床の1回転前は還元処理が不安定であるため、ペレット投入量に応じた二次燃焼用空気流量とし、1回転後に還元処理が安定するため、一酸化炭素濃度比に基づく二次燃焼用空気流量とすることで、還元処理されるペレットの金属化率を上げて製品の品質を向上することができる。

【0084】また、請求項7の発明の還元鉄の製造装置によれば、空気流量補足手段が変更された二次燃焼用空気流量が二次燃焼用空気供給手段による二次燃焼用空気の供給量の上限値を越えたときに不足量を一次燃焼用空気流量で補うようにしたので、二次燃焼用空気の不足量を一次燃焼用空気流量で補充することで、適正な二次燃焼用空気流量を確保し、還元処理されるペレットの金属化率を上げて製品の品質を向上することができる。

【0085】また、請求項8の発明の還元鉄の製造装置によれば、温度設定手段がペレット投入量に応じて高温雰囲気温度を設定するようにしたので、ペレット投入量に変動があっても、炉内を適温に維持して還元処理するペレットの金属化率を適正に維持することができる。

【0086】また、請求項9の発明の還元鉄の製造装置によれば、二次燃焼用空気供給制御手段はペレット投入量が所定量以下であるときに二次燃焼用空気最小量供給手段を作動して最小量の二次燃焼用空気を供給するようにしたので、高温雰囲気中にペレットが投入されていなくても二次燃焼用空気を供給することで、失火や炉内温度の下降による炉の損傷を抑制して装置を保護することができる。

【0087】また、請求項10の発明の炉内温度の測定装置によれば、装置内の高温雰囲気中を移動する炉床上に鉄原料と還元剤との混合粉末を造粒したペレットを投入し、ペレットを高温雰囲気中で還元して還元鉄を製造する還元鉄の製造装置において、天井部から高温雰囲気に垂設された第1の温度検出手段と炉床内に埋設された第2の温度検出手段とを設け、ペレット温度推定手段が第1及び第2の温度検出手段の検出結果に基づいてペレットの温度を推定するようにしたので、高温雰囲気温度と炉床内の温度とでペレットの温度を精度良く推定す

ることができ、設定燃料流量や設定燃焼空気流量を適正に設定することで、加熱不足や過加熱を防止して適正な金属化率を有するペレットを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る還元鉄の製造装置における加熱ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック図である。

【図2】炉内温度偏差に対する燃料流量を表すグラフである。

10 【図3】実炉内温度に対する燃料遮断弁の開閉操作を表すグラフである。

【図4】ペレット投入量に対するウィケットエア流量を表すグラフである。

【図5】ペレット投入量に対するウィケットエア切換弁の切換操作を表すグラフである。

【図6】還元鉄の製造装置の全体構成を表す概略図である。

【図7】還元炉内の各ゾーンを説明するための平面視概略図である。

20 【図8】本発明の第2実施形態に係る還元鉄の製造装置における加熱ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック図である。

【図9】酸素濃度偏差に対するウィケットエア流量の補正係数を表すグラフである。

【図10】本発明の第3実施形態に係る還元鉄の製造装置におけるCO比制御ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック図である。

【図11】不足ウィケットエア流量に対する補充燃焼空気流量を表すグラフである。

30 【図12】本発明の第4実施形態に係る還元鉄の製造装置におけるCO比制御ゾーンの燃焼制御システムの制御ブロック図である。

【図13】ペレット投入量に対する設定炉内温度を表すグラフである。

【図14】本発明の還元鉄の製造装置における還元雰囲気ゾーンCの燃焼制御システムの制御ブロック図である。

【図15】本発明の第5実施形態に係る炉内温度の測定装置を表す還元炉の要部断面図である。

40 【符号の説明】

19 還元炉

32, 32a, 32b, 32c バーナー（燃焼ガス供給手段）

33 排気ダクト

35 還元炉本体

36 炉床

37a, 37b 空気供給部（二次燃焼用空気供給手段）

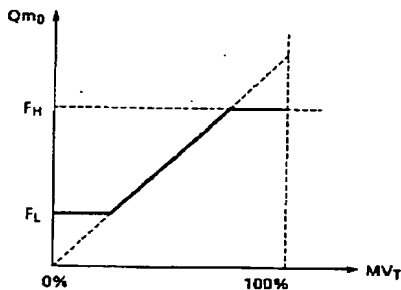
38 ロードセル（ペレット投入量検出手段）

50 39a, 39b, 39c 温度センサ（温度検出手段）

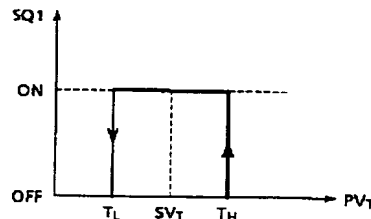
- 40 O₂ センサ (酸素濃度検出手段)
- 41 COセンサ (一酸化炭素濃度検出手段)
- 42 CO₂ センサ (二酸化炭素濃度検出手段)
- 43 速度センサ (炉床回転検出手段)
- 58 流量調整弁 (燃料流量設定手段)
- 59 燃料遮断弁 (燃料遮断手段)
- 72 低値選択器 (空気流量選択手段)
- 73 流量調節器
- 78 流量調整弁 (二次燃焼用空気流量調整手段)
- 79 換算器 (空気流量換算手段)
- 84 変換器 (二次燃焼用空気流量補正手段)

- 102 演算器 (濃度比演算手段)
- 108 加算器 (空気流量補正手段)
- 111 変換器 (温度設定手段)
- 122 第1熱電対 (第1の温度検出手段)
- 127 第2熱電対 (第2の温度検出手段)
- 123 温度比較補正器 (ペレット温度推定手段)
- SW3 スイッチ (二次燃焼用空気供給制御手段、二次燃焼用空気最小量供給手段)
- SW13 スイッチ (二次燃焼用空気流量変更手段、空気流量変更制御手段)
- 10 GB グリーンボール (ペレット)

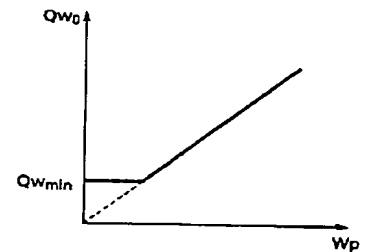
【図2】



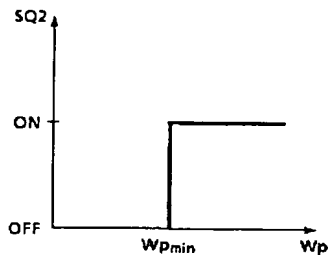
【図3】



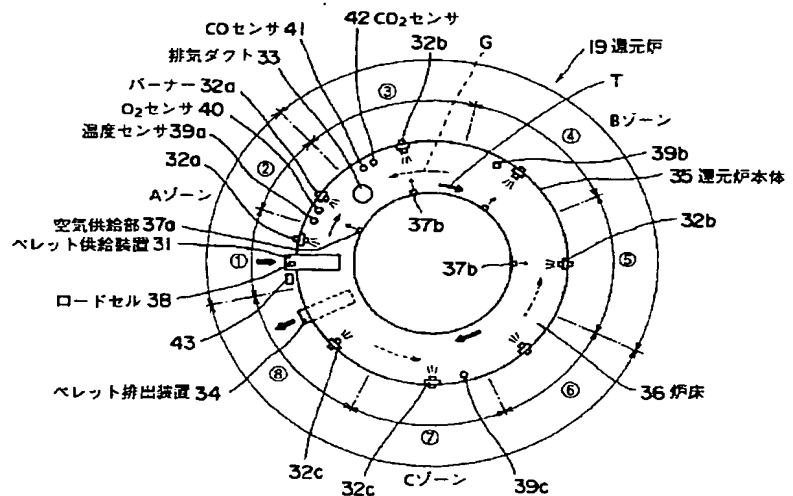
【図4】



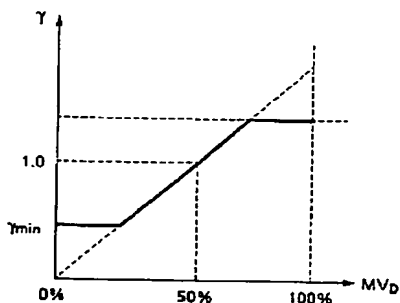
【図5】



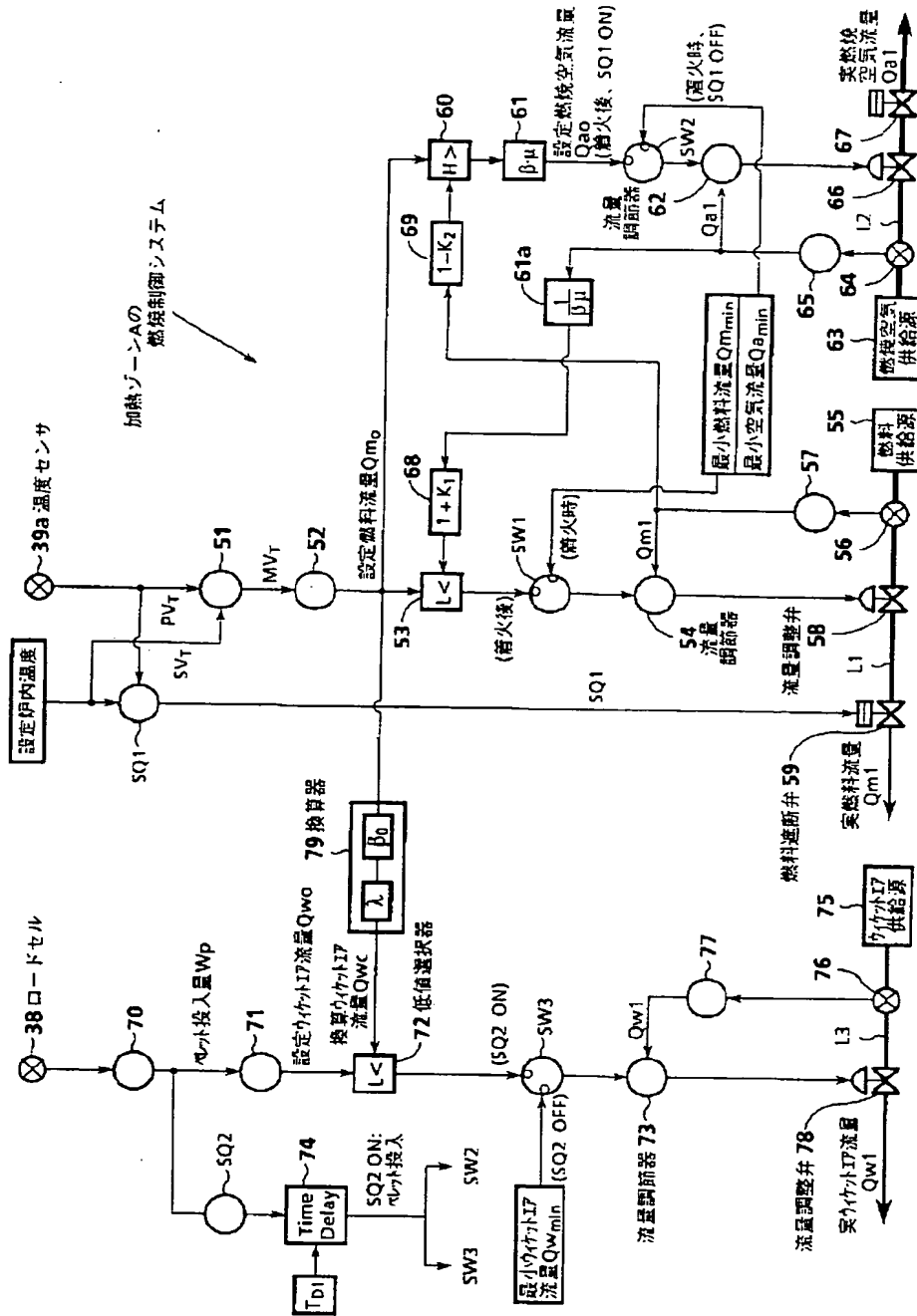
【図7】



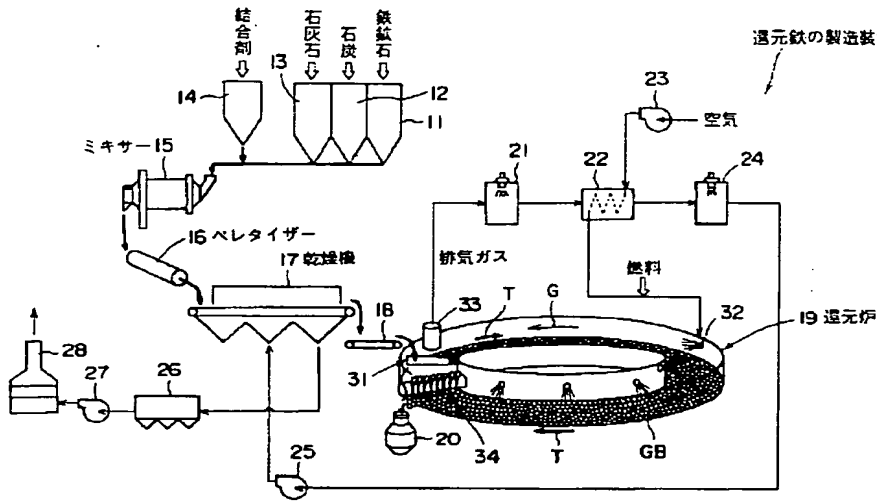
【図9】



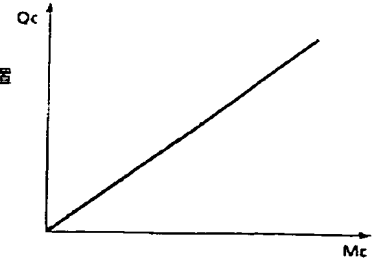
【図1】



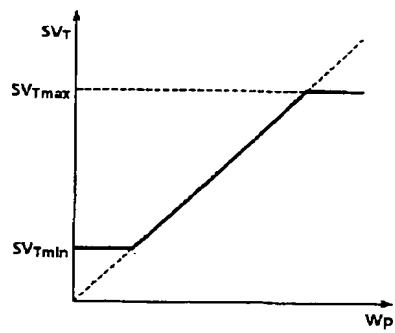
【図6】



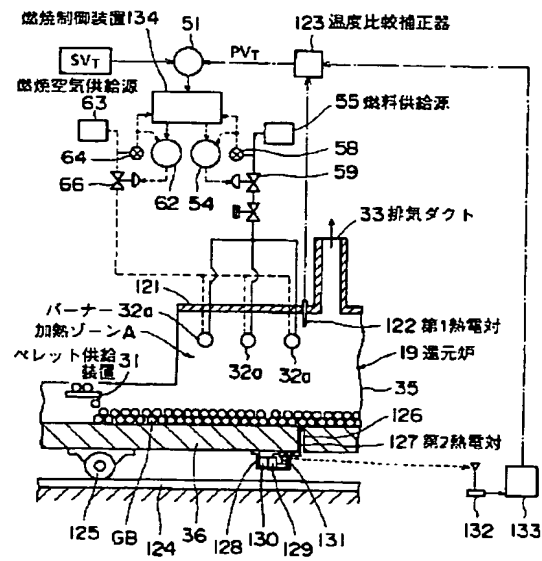
【図11】



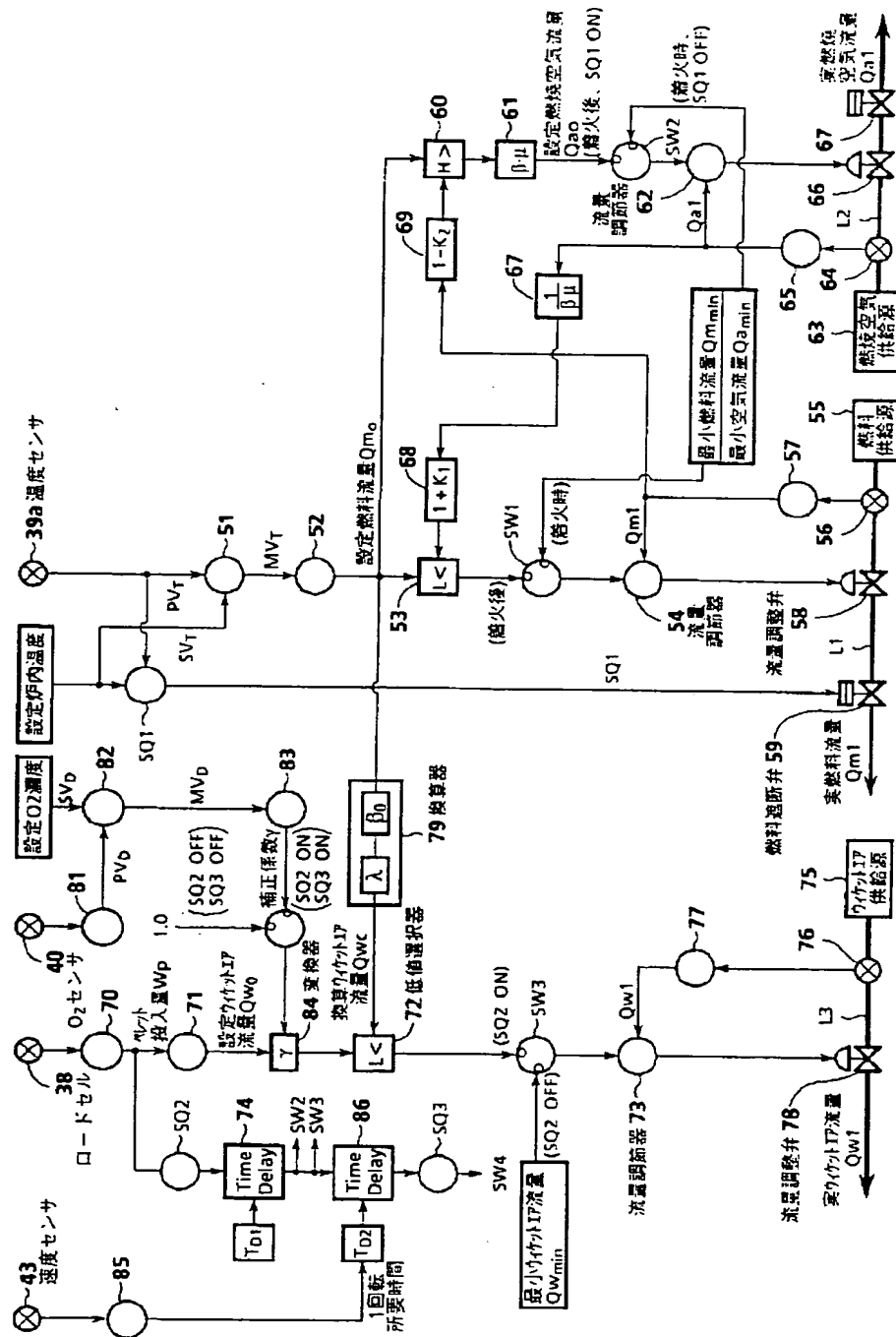
【図13】



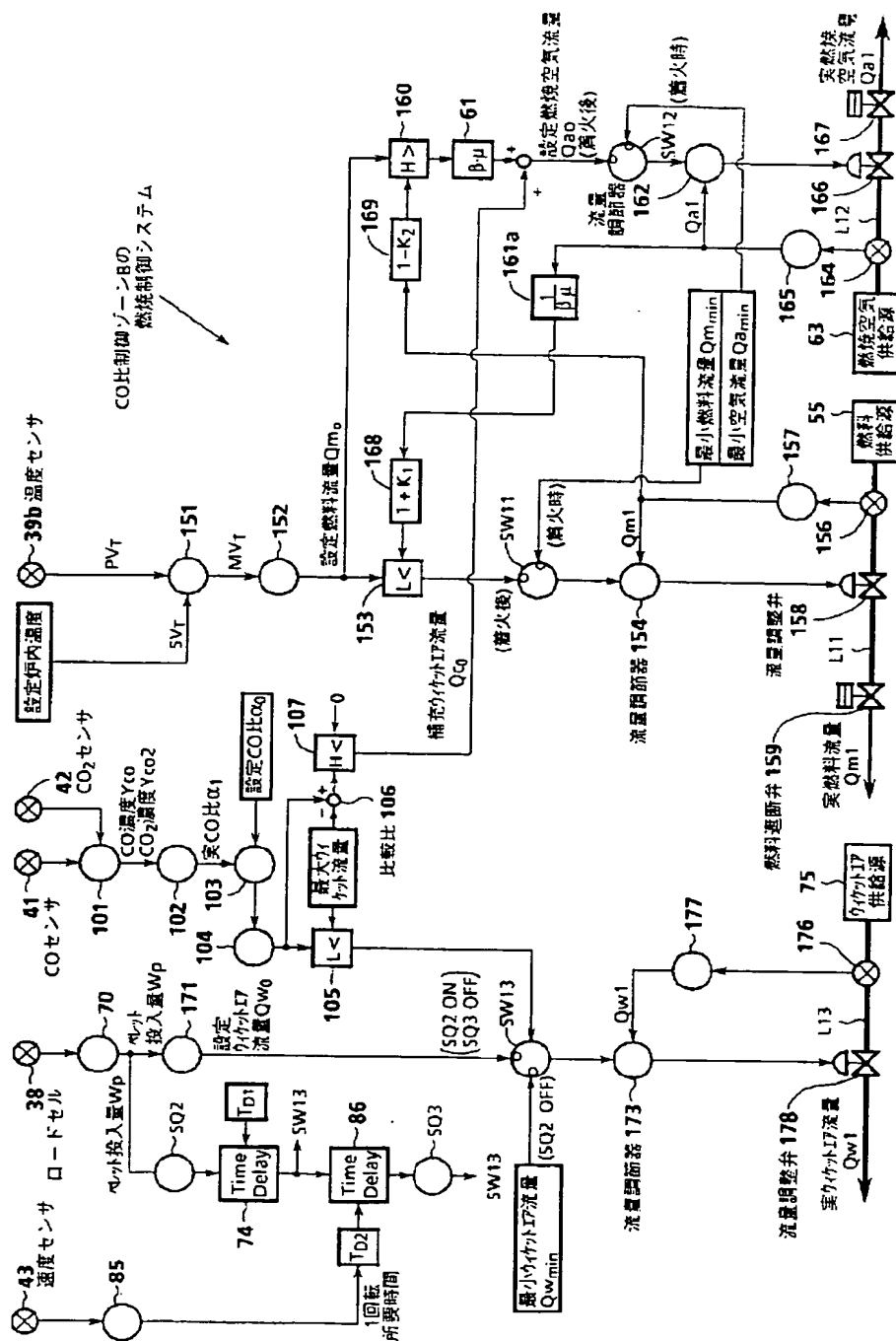
【図15】



【図8】



【図10】



【图 1 2】

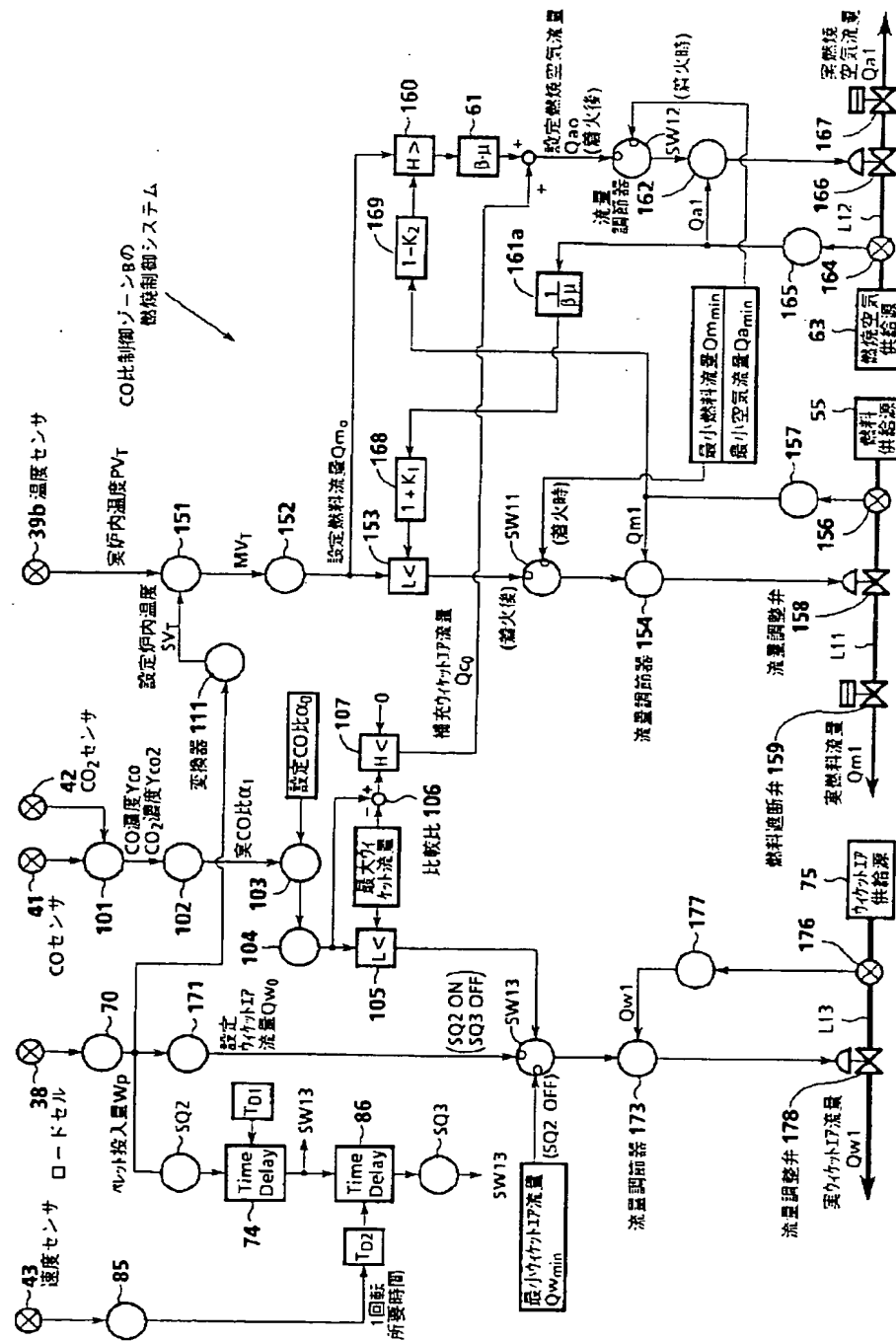


図1は、燃焼制御システムの一実施形態を示すブロック図である。図中、燃料供給源55と燃焼空気供給源63からの供給が、それぞれ燃料供給ラインと燃焼空気供給ラインを通じて行われる。燃料供給ラインには、燃料供給量Qm1の調整を行う弁258と、燃料供給量Qm1の検出を行う流量計259が設けられている。燃焼空気供給ラインには、燃焼空気供給量Qa1の調整を行う弁266と、燃焼空気供給量Qa1の検出を行う流量計267が設けられている。また、燃焼空気供給ラインには、燃焼空気供給量Qa1の調整を行う弁264も設けられている。燃料供給ラインと燃焼空気供給ラインの両方とも、燃焼制御システム251、252、253a、253b、254、256、257、258、259、260a、260b、261、262、264、266、267、268a、268b、269a、269b、269c、269d、269e、269f、269g、269h、269i、269j、269k、269l、269m、269n、269o、269p、269q、269r、269s、269t、269u、269v、269w、269x、269y、269z、269aa、269ab、269ac、269ad、269ae、269af、269ag、269ah、269ai、269aj、269ak、269al、269am、269an、269ao、269ap、269aq、269ar、269as、269at、269au、269av、269aw、269ax、269ay、269az、269ba、269bb、269bc、269bd、269be、269bf、269bg、269bh、269bi、269bj、269bk、269bl、269bm、269bn、269bo、269bp、269bq、269br、269bs、269bt、269bu、269bv、269bw、269bx、269by、269bz、269ca、269cb、269cc、269cd、269ce、269cf、269cg、269ch、269ci、269cj、269ck、269cl、269cm、269cn、269co、269cp、269cq、269cr、269cs、269ct、269cu、269cv、269cw、269cx、269cy、269cz、269da、269db、269dc、269dd、269de、269df、269dg、269dh、269di、269dj、269dk、269dl、269dm、269dn、269do、269dp、269dq、269dr、269ds、269dt、269du、269dv、269dw、269dx、269dy、269dz、269ea、269eb、269ec、269ed、269ee、269ef、269eg、269eh、269ei、269ej、269ek、269el、269em、269en、269eo、269ep、269eq、269er、269es、269et、269eu、269ev、269ew、269ex、269ey、269ez、269fa、269fb、269fc、269fd、269fe、269ff、269fg、269fh、269fi、269fj、269fk、269fl、269fm、269fn、269fo、269fp、269fq、269fr、269fs、269ft、269fu、269fv、269fw、269fx、269fy、269fz、269ga、269gb、269gc、269gd、269ge、269gf、269gg、269gh、269gi、269gj、269gk、269gl、269gm、269gn、269go、269gp、269gq、269gr、269gs、269gt、269gu、269gv、269gw、269gx、269gy、269gz、269ha、269hb、269hc、269hd、269he、269hf、269hg、269hh、269hi、269hj、269hk、269hl、269hm、269hn、269ho、269hp、269hq、269hr、269hs、269ht、269hu、269hv、269hw、269hx、269hy、269hz、269ia、269ib、269ic、269id、269ie、269if、269ig、269ih、269ii、269ij、269ik、269il、269im、269in、269io、269ip、269iq、269ir、269is、269it、269iu、269iv、269iw、269ix、269iy、269iz、269ja、269jb、269jc、269jd、269je、269jf、269jg、269jh、269ji、269jj、269jk、269jl、269jm、269jn、269jo、269jp、269jq、269jr、269js、269jt、269ju、269jv、269jw、269jx、269jy、269jz、269ka、269kb、269kc、269kd、269ke、269kf、269kg、269kh、269ki、269kj、269kl、269km、269kn、269ko、269kp、269kq、269kr、269ks、269kt、269ku、269kv、269kw、269kx、269ky、269kz、269la、269lb、269lc、269ld、269le、269lf、269lg、269lh、269li、269lj、269lk、269ll、269lm、269ln、269lo、269lp、269lq、269lr、269ls、269lt、269lu、269lv、269lw、269lx、269ly、269lz、269ma、269mb、269mc、269md、269me、269mf、269mg、269mh、269mi、269mj、269mk、269ml、269mm、269mn、269mo、269mp、269mq、269mr、269ms、269mt、269mu、269mv、269mw、269mx、269my、269mz、269na、269nb、269nc、269nd、269ne、269nf、269ng、269nh、269ni、269nj、269nk、269nl、269nm、269nn、269no、269np、269nq、269nr、269ns、269nt、269nu、269nv、269nw、269nx、269ny、269nz、269oa、269ob、269oc、269od、269oe、269of、269og、269oh、269oi、269oj、269ok、269ol、269om、269on、269oo、269op、269oq、269or、269os、269ot、269ou、269ov、269ow、269ox、269oy、269oz、269pa、269pb、269pc、269pd、269pe、269pf、269pg、269ph、269pi、269pj、269pk、269pl、269pm、269pn、269po、269pp、269pq、269pr、269ps、269pt、269pu、269pv、269pw、269px、269py、269pz、269qa、269qb、269qc、269qd、269qe、269qf、269qg、269qh、269qi、269qj、269qk、269ql、269qm、269qn、269qo、269qp、269qq、269qr、269qs、269qt、269qu、269qv、269qw、269qx、269qy、269qz、269ra、269rb、269rc、269rd、269re、269rf、269rg、269rh、269ri、269rj、269rk、269rl、269rm、269rn、269ro、269rp、269rq、269rr、269rs、269rt、269ru、269rv、269rw、269rx、269ry、269rz、269sa、269sb、269sc、269sd、269se、269sf、269sg、269sh、269si、269sj、269sk、269sl、269sm、269sn、269so、269sp、269sq、269sr、269ss、269st、269su、269sv、269sw、269sx、269sy、269sz、269ta、269tb、269tc、269td、269te、269tf、269tg、269th、269ti、269tj、269tk、269tl、269tm、269tn、269to、269tp、269tq、269tr、269ts、269tt、269tu、269tv、269tw、269tx、269ty、269tz、269ua、269ub、269uc、269ud、269ue、269uf、269ug、269uh、269ui、269uj、269uk、269ul、269um、269un、269uo、269up、269uq、269ur、269us、269ut、269uu、269uv、269uw、269ux、269uy、269uz、269va、269vb、269vc、269vd、269ve、269vf、269vg、269vh、269vi、269vj、269vk、269vl、269vm、269vn、269vo、269vp、269vq、269vr、269vs、269vt、269vu、269vv、269vw、269vx、269vy、269vz、269wa、269wb、269wc、269wd、269we、269wf、269wg、269wh、269wi、269wj、269wk、269wl、269wm、269wn、269wo、269wp、269wq、269wr、269ws、269wt、269wu、269wv、269wz、269xa、269xb、269xc、269xd、269xe、269xf、269xg、269xh、269xi、269xj、269xk、269xl、269xm、269xn、269xo、269xp、269xq、269xr、269xs、269xt、269xu、269xv、269xw、269xx、269xy、269xz、269ya、269yb、269yc、269yd、269ye、269yf、269yg、269yh、269yi、269yj、269yk、269yl、269ym、269yn、269yo、269yp、269yq、269yr、269ys、269yt、269yu、269yv、269yw、269yx、269yy、269yz、269za、269zb、269zc、269zd、269ze、269zf、269zg、269zh、269zi、269zj、269zk、269zl、269zm、269zn、269zo、269zp、269zq、269zr、269zs、269zt、269zu、269zv、269zw、269zx、269zy、269zz、269aa、269ab、269ac、269ad、269ae、269af、269ag、269ah、269ai、269aj、269ak、269al、269am、269an、269ao、269ap、269aq、269ar、269as、269at、269au、269av、269aw、269ax、

(72)発明者 藤岡 宏規
広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号
三菱重工業株式会社広島製作所内

Fターム(参考) 4K001 AA10 BA05 DA10
4K012 BC01 BE03 BE06 DE06